

- 1 -

Elektromotor, sowie Verfahren zur Herstellung eines solchen

## Stand der Technik

5 Die Erfindung betrifft einen Elektromotor, insbesondere zum Verstellen beweglicher Teile im Kraftfahrzeug, sowie ein Verfahren zum Herstellen eines solchen Elektromotors nach der Gattung der unabhängigen Ansprüche.

10 Mit der DE 34 06 528 A1 ist ein Leistungshalbleitermodul bekannt geworden, wobei mindestens ein Halbleiterbauelement zwischen zwei parallelen Substraten angeordnet ist und mit einer Metallisierung auf den Substraten kontaktiert ist. Als Substrate werden keramische Platten verwendet, auf denen sämtliche Leitungsverbindungen in Form von metallischen Leiterbahnen aufgebracht sind. Das Leistungshalbleitermodul kann dabei in ein Gehäuse eingesetzt sein, dass zumindest teilweise mit einer Vergussmasse ausgefüllt ist.

15 Soll ein solches Halbleitermodul für die Ansteuerung eines Elektromotors verwendet werden, so bildet dieses aufgrund der Verwendung der beiden metallisierten Keramiksubstrate eine separate Elektronikeinheit, die nicht unmittelbar in den Bauraum des Motorgehäuses integriert werden kann, da sie lediglich über einen Elektronikstecker elektrisch mit dem Elektromotor kontaktiert werden kann.

## Vorteile der Erfindung

25 Der erfindungsgemäße Elektromotor mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche hat demgegenüber den Vorteil, dass durch die Ausbildung eines Substrats als Stanzgitter mit Fortsätzen, die aus dem angespritzten Kunststoffkörper ragen, die Elektronikeinheit direkt elektrische und mechanische Anschlüsse zur Verfügung stellt, die so stabil ausgebildet sind, dass weitere Bauteile des Elektromotors direkt an die Elektronikeinheit  
30 angeschlossen werden können. Dies hat den Vorteil, dass das Elektronikmodul im Motorbauraum unmittelbar an der Ankerwelle in den Motor integriert werden kann, wodurch zusätzliche elektrische Verbindungen und mechanische Halterungen für bestimmte Motorbauteile entfallen.

BEST AVAILABLE COPY

- 2 -

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen ergeben sich vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Anspruch 1 genannten Merkmale.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Herstellen eines Elektromotors mit einer elektronischen Steuereinheit nach den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 21 hat den Vorteil, dass durch die Verbindung eines mechanisch stabilen Stanzgitters mit einem Keramiksubstrat in Sandwich-Bauweise eine sehr leistungsstarke und kompakte Steuerelektronik in einem kostengünstigen und leicht variierbaren Prozess hergestellt werden kann. Durch die direkte Anbindung von Motorbauteilen an die Steuereinheit entfallen zusätzliche Prozessschritte, da zusammen mit der Montage der Elektronikeinheit auch weitere Motorbauteile, wie Bürstenhalter, Abschirmflächen, Steckerpins und Verbindungen zu externen elektrischen Komponenten fertig montiert sind.

In heutigen Steuergeräten sind Logik- und Leistungsteil zumeist baulich voneinander getrennt. Die Logik wird heute entweder auf Leiterplatten oder Keramiksubstraten wie LTCC realisiert. Für den Leistungsteil können bei Anwendungen mit niedriger Leistungsaufnahme Bauteile mit Gehäuse wie TO220-PowerMOS-Transistoren auf der Leiterplatte eingesetzt werden, benötigen aber zusätzliche Kühlkörper. Bei Hochstromanwendungen wie der elektrischen Servolenkung werden die Leistungstransistoren als Bare-Die auf DBC-Substrate gelötet. Stand der Technik ist die Kontaktierung der Chip-Oberseite mittels Dickdrahtbonds. Der hohe Flächenbedarf der Bondfüße und die begrenzte Stromtragfähigkeit limitieren zusammen mit Zuverlässigkeitsproblemen diese Technik, insbesondere für Hochstromapplikationen. Weitere Nachteile der Bondtechnik sind ein schlechtes Schaltverhalten durch Streuinduktivitäten und fehlende Prüfkonzeppte paralleler Bondloops. Leistungs- und Logiksubstrat werden in Steuergeräten über zusätzliche Stanzgitter und Bondtechnologie verdrahtet. Diese Konzepte sind sehr platzintensiv. Die Montage der Elektronik, insbesondere des Leistungsteils auf Kühlkörpern, wie dem Gehäuse des Steuergerätes oder dem Lagerschild des Motors mittels Wärmeleitkleber oder -folie ist für das thermische Management nicht optimal.

Die Forderung nach höherer Integrationsdichte und Zuverlässigkeit sowie verbessertem thermischen Management führt zu einem neuen Konzept in der Aufbau- und Verbindungstechnologie. Ziel ist es einerseits Logik- und Leistungsteil miteinander zu

5 kombinieren und gleichzeitig die Systeme in Hinblick auf Zuverlässigkeit zu optimieren. Daher wird erfindungsgemäß eine geeignete Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT) verwendet, die z.B. durch beidseitige Lötung der Leistungsbaulemente zwischen geeignete Verdrahtungsträger und direkte großflächige Kontaktierung an Wärmesenken  
10 sowohl die elektrische als auch die thermische und thermomechanische Performance verbessern. Diese erfindungsgemäße Technologie des beidseitigen Lötens von Leistungsbaulementen zwischen zwei Substraten zu einem Sandwich wird hierbei verwendet, um mehrere Leistungstransistoren, die sowohl eine lötbare Chiprückseite als auch eine lötbare Chipvorderseite besitzen, zwischen zwei Substrate (z.B. DBC), die eine der Applikation entsprechende Verdrahtung aufweisen, zu löten. Die Lötbarkeit der Chipvorderseite wird mittels des Aufbringens von Lotkugeln sogenannten Lotbumps erzielt.

15 Beide Substrate übernehmen Funktionen der mechanischen Stabilisierung, Wärmeableitung und der elektrischen Verdrahtung sowie elektrischer Isolierung gegenüber Kühlflächen, wobei sich die DBC-Substrate auch vorzugsweise für hohe Ströme eignen.

Für Applikationen mit kleineren Strömen bietet die erfindungsgemäße Technologie Ansätze zur Miniaturisierung bzw. Integration durch Kombination von Leistung, Logik und Sensorik in einem Modul, wodurch sich Potenziale zur weiteren Reduzierung der  
20 Kosten, insbesondere der Systemkosten ergeben können.

Aufgabe der Erfindung ist die Darstellung einer Fensterheberelektronik mit den Zielen direkter Integration in den Motor und Reduzierung der Kosten, des Bauraums sowie des Gewichts im Vergleich zu Elektroniken die dem Stand der Technik entsprechen.

25 Kern ist ein mechatronisches Modul auf Basis einer Sandwichtechnologie, das alle elektrischen und mechanischen Funktionen in sich vereinigt, d.h. es beinhaltet Leistung, Logik, Sensorik und die für den Sandwich erforderlichen Substrate sowie das Gehäuse.

Durch das Konzept der Sandwichtechnologie und die multifunktionale Nutzung beispielsweise des Stanzgitters (erstes Substrat) kann auf zusätzliche Elemente zur Verdrahtung insbesondere Bonds verzichtet werden. Dies wird dadurch erzielt, dass  
30 zwischen einem ersten Substrat, vorzugsweise einem Stanzgitter (alternativ auch DBC, Direct Bond Copper) und einem zweiten Substrat, vorzugsweise ein Keramiksubstrat Leistungsbaulemente (beispielsweise Power MOSFETs) geklebt oder gelötet werden und auf der Oberseite des zweiten Substrates die Ansteuerlogik des Leistungsteils und die

Sensorik bestückt wird. Parallel zur Kontaktierung der Leistungsbauelemente zwischen dem ersten und dem zweiten Substrat erfolgt die Kontaktierung der beiden Substrate, wodurch alle elektrischen und mechanischen Verbindungen innerhalb des Moduls hergestellt werden. Der in dieser Weise entstandene Sandwichaufbau wird zum Schutz vor Umwelteinflüssen und vor mechanischer Beschädigung mittels eines Kunststoffspritzprozesses mit einem Gehäuse versehen.

Vorteile der Erfindung sind im Einzelnen:

a) Miniaturisierung des Aufbaus

Vorteilhaft für die direkte Integration der Elektronik in den Motor ist die Reduzierung des Bauraums und Gewichts durch den Einsatz der Sandwichtechnologie und der Verwendung von Bare-Die-Bauelementen für die Leistungs- und die aktiven Logikbauelemente, d.h. Vermeidung von platzintensiven vorverpackten Bauelementen. Des weiteren lassen sich durch den Sandwichaufbau und den Einsatz von Bare-Die-Bauelementen die Abmessungen der Substrate im Vergleich zu Standard-Technologien kleiner gestalten, wodurch sich trotz Verwendung eines, im Vergleich zur Leiterplatte teureren Logiksubstrates Kostenvorteile ergeben.

b) Multifunktionales Stanzgitter als erstes Substrat

Das erste Substrat, vorzugsweise ein Stanzgitter vereinigt eine Reihe von Funktionen in sich. Primär dient es zur elektrischen Kontaktierung der Leistungsbauelemente und zusammen mit dem zweiten Substrat zu deren elektrischen Verschaltung, d.h. zur Darstellung der elektr. Funktion des Leistungsteils. Daneben übernimmt das Stanzgitter die Kühlung der Leistungsbauelemente, daher ist die Geometrie des Montagebereichs der Leistungsbauelemente so gewählt, dass eine optimale Entwärmung erfolgen kann. Aus diesem Grund sind vor allem Materialien mit guten elektrischen und thermischen Eigenschaften vorteilhaft, vorzugsweise Cu-Legierungen oder Werkstoffe mit ähnlichen Eigenschaften. Da als Fügeprozess zwischen den Leistungsbauelementen und dem Stanzgitter vorzugsweise ein Löt- oder Klebprozess eingesetzt wird, ist eine für die Prozesse geeignete Oberfläche bereitzustellen, d.h. bei Verwendung von Cu-Legierungen kann bei entsprechender Maßnahmen in der Herstellung des Stanzgitters auf eine zusätzliche, d.h. mit Kosten verbunden Oberfläche wie beispielsweise Nickel verzichtet werden. Neben der geeigneten Materialauswahl können durch eine geeignete Wahl der

Materialdicke wiederum zusätzliche Funktionen wie beispielsweise Steckerpins realisiert werden, die für genormte Stecksysteme Verwendung finden.

Weitere Elemente die in das Stanzgitter integriert werden können sind beispielsweise Federbügel zur Montage der Kohlebürsten sowie Bohrungen zur Aufnahme des Moduls in der Applikation und Schnittstellen zum Anschluss externer Bauelemente oder zur Kontaktierung des Motors. Die Schnittstellen für die externen Bauelemente, beispielsweise bedrahtete Kapazitäten, Induktivitäten oder Litzen von Kohlebürsten, können in der Konstruktion des Stanzgitters so gestaltet werden, dass die Bauelemente mittels kostengünstiger Fügeverfahren beispielsweise Schneidklemmtechnik kontaktiert werden, d.h. es lassen sich kostenintensive thermische Prozesse wie beispielsweise Schweißen vermeiden.

Die Kontaktierung zwischen Stanzgitter und Logiksubstrat kann bei entsprechender Formgebung des Stanzgitters im Bereich der Kontaktstellen ohne zusätzliche Komponenten erzielt werden, wenn im Herstellprozess durch entsprechende formgebundene Fertigungsverfahren beispielsweise Prägen und Stanzen Erhöhungen oder Vertiefungen erzeugt werden. Prinzipiell lassen sich beispielsweise durch Prägen und damit einer Reduzierung der Materialdicke bei geeigneter Formgebung auch Federelemente herstellen, die wiederum zur elektrischen Kontaktierung geeignet sind. Des weiteren sind die Fertigungsverfahren dazu geeignet, Konturen zu erzeugen, die das Stanzgitter mechanisch stabilisieren oder zur Abdichtungen des Moduls in Zusammenhang mit dem Gehäuse beitragen. Bei diesen Konturen handelt es sich um sogenannte U- oder V-Grooves und „anker holes“ sowie Hinterschnitte, die gleichzeitig zur mechanischen Stabilisierung des Moduls dienen und damit dessen Zuverlässigkeit sicherstellen.

Ein weiteres Funktionselement ist die sogenannte Dam-Bar, die die einzelnen Bereiche des Stanzgitters vor dem Löten bzw. Spritzgussprozess miteinander verbindet. Die Dam-Bar hat den Vorteil, dass erstens mehrere Einzelteile damit zu einem leicht handhabbaren Teil verbunden werden, wodurch auch die Werkstückträger bzw. Fügehilfen deutlich in ihrer Komplexität reduziert werden. Zweites kann damit das Spritzgusswerkzeug ebenfalls einfacher gestaltet werden.

Die vorstehend beschriebenen Funktionen können parallel bei der Herstellung des Stanzgitters realisiert werden, da für die Herstellung des Stanzgitters formgebundene Prozesse wie Stanzen, Prägen und Biegen zum Einsatz kommen, sind die entstehenden Kosten im wesentlichen durch Werkzeuge verursacht, die gewöhnlich eine hohe

- 6 -

Ausbringung bei gleichbleibender Qualität haben. Das heißt, zur Erreichung der Gesamtfunktion des Stanzgitters sind im Vergleich zu dem Stand der Technik entsprechenden Aufbautechnologien keine weiteren Fertigungsschritte erforderlich, die zusätzliche Kosten verursachen würden.

5

c) Logiksubstrat als zweites Substrat

Als zweites Substrat wird vorzugsweise ein Logiksubstrat, bei dem es sich um eine Weiterentwicklung eines keramischen Substrates handelt, eingesetzt. Dieses Substrat weist mehrere Vorteile auf, die diese Substrattechnologie für die Modultechnik besonders attraktiv machen. Im Gegensatz zu Keramik-Substraten, die dem Stand der Technik entsprechen, ist das Substrat hochstromtauglich, d.h. damit ist die Technik über verschiedene Leistungsbereiche skalierbar und kann darüber hinaus auch noch kostengünstiger hergestellt werden. Besonders vorteilhaft an diesem Logiksubstrat ist die universelle Oberfläche, die sowohl kleb- als auch lötlbar ist. Damit ist es möglich auf der Vorderseite (Logikseite) die Logikbauelemente in Form von Bare-Die und SMD in der dem Stand der Technik entsprechende Leitlebetechnik zu bestücken, um die vorbestückte Baugruppe anschließend zusammen mit den Leistungsbauelementen und dem ersten Substrat sowohl mechanisch als auch elektrisch in einem Fügenschritt vorzugsweise Lötschritt zu verbinden. Prinzipiell sind auch Klebprozesse als Fügetechnik denkbar.

20

Die Verwendung der Standardtechnik zur Bestückung auf der Logikseite ist insbesondere aus Kostengründen vorteilhaft, da die Bestückung des Substrates als Großkarte möglich ist, wodurch eine Reihe von Fertigungsschritten wie beispielsweise der Druck des Leitlebers kostengünstig parallel erfolgen kann. Prinzipiell ist es auch denkbar, dass das Substrat nicht in der Großkarte, sondern als Einzelsubstrat bestückt wird. Diese Variante ist in dem Fall erforderlich, wenn das Substrat zunächst mit dem Leistungsteil und erstem Substrat verbunden und anschließend mit den Logikbauelementen bestückt werden soll.

25

Aus technischer Sicht ist der Einsatz eines Keramik-Substrates vorteilhaft, da der Ausdehnungskoeffizient der Keramik deutlich besser an Silizium und die Moldverpackung angepasst ist, als andere Substrate beispielsweise Leiterplatte (FR4). Da es in diesem Substratmaterial möglich ist, sogenannte Vias zur Darstellung von elektrischen Verbindungen zwischen der Substratvorder- und Substratrückseite zu realisieren, kann auf zusätzliche Elemente und Prozesse, die zusätzliche Kosten

30

- 7 -

verursachen und Bauraum benötigen, verzichtet werden. Damit wird unter anderem eine sehr kompakte Bauweise der Elektronik möglich.

d) Symmetrischer Aufbau

5 Vorzugsweise sind die Leistungsbauelemente sowie die Fügestellen zwischen den Leistungsbauelementen bzw. Stanzgitter und Logiksubstrat so anzuordnen, dass ein möglichst symmetrischer Aufbau entsteht. Ein symmetrischer Aufbau ist besonders bei thermomechanischen Belastungen vorteilhaft, da davon ausgegangen werden kann, dass sich die entstehend Kräfte gleichmäßig verteilen und damit die Zuverlässigkeit  
10 verbessert, d.h. die Lebensdauer erhöht wird. Weiterhin sollte ein symmetrischer Aufbau und kurze Leiterbahnlängen auch das EMV(ElektroMagnetische Verträglichkeit)-Verhalten verbessern. Insbesondere eine symmetrische Leitungsführung der Leistungsabgänge und dem Anschluss an das Abschirmbleche ist vorteilhaft, um eine optimale Funktion von im Modul integrierbaren Entstörbauelementen sicherzustellen. Ein  
15 derartiger Aufbau kann mit der erfindungsgemäßen Technologie dargestellt werden.

e) Integration Entstörbauelement in das Modul

Die Integration von gegebenenfalls erforderlichen Entstörbauelementen in das Modul ist vorteilhaft, da auf dem Markt Bauelemente verfügbar sind, beispielsweise X2Y, die die  
20 Entstörfunktion übernehmen und als SMD-Bauelemente in den Standardbestückungsprozess des Logiksubstrates integriert werden können. Durch den Verzicht auf externe Entstörbauelemente (i.d.R. bestehend aus Induktivität und Kapazität), die üblicherweise bedrahtet sind, entfallen außerhalb des Moduls zusätzliche kostenintensive Prozessschritte, beispielsweise Schweißen zum Kontaktieren der  
25 bedrahteten Bauelemente. Daneben ergeben sich durch den Entfall der externen Bauelemente, die in der Regel deutlich größere Abmessungen haben als SMD-Bauelemente Bauraumvorteile, die für die Gesamtintegration des Moduls in die Applikation aufgrund von Bauraumreduzierung vorteilhaft ist. Auch die Handhabung und die Montage des Moduls wird durch den Entfall externer Bauelemente vereinfacht, da die  
30 potenzielle Gefahr der Beschädigung dieser Komponenten entfällt.

f) Verwendung von Bare-Die-Bauelementen

Zur Erreichung der Zielsetzung in Bezug auf Miniaturisierung ist es vorteilhaft vorzugsweise Bare-Die Bauelemente einzusetzen, die deutlich weniger Bauraum

beanspruchen als die gleichen Bauelemente in Standardgehäusen beispielsweise T0220. Da das gesamte Modul mit einem Gehäuse versehen wird, ist es sinnvoll eine kostenverursachende Doppelverpackung der Bauelemente zu vermeiden.

5 g) Gehäuse aus Niederdruck-Epoxidpressmasse

Die Ausführung des gesamtem Modulgehäuses in Form eines im Transfer-Molding-Verfahrens hergestellten Gehäuses ist vorteilhaft, da die für dieses Verfahren eingesetzten umweltverträglichen sogenannten Green Compounds Niederdruck-Epoxidmassen geeignet sind, die im Sandwich auftretenden Spalte blasenfrei zu füllen und die elektrischen Bauelemente insbesondere die Bare-Die-Bauelemente vor Umwelteinflüssen (z.B. Flüssigkeiten, Staub) zu schützen. Des weiteren sind die Kunststoffe aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften gut geeignet die thermomechanischen Fehlanpassung der eingesetzten Komponenten auszugleichen. Damit verbunden ist auch die mechanische Stabilisierung des Sandwichaufbaus. Im Sinne der multifunktionalen Nutzung der im Modulaufbau eingesetzten Stoffe und Komponenten kann das Gehäuse auch Lagerstellen für externe Anschlüsse (z.B. Steckerpins oder Federbügel für Kohlebürsten) und Bauelemente, sowie Aufnahmepunkte des Moduls in der Applikation darstellen. Für die Integration des Moduls in die Applikation kann das Gehäuse vorteilhafter Weise so ausgeformt werden, dass geometrischen Randbedingungen die aus Bauraum und funktionalen Forderungen (beispielsweise Abstand Hall Sensoren im Modul zu Ringmagnet in der Applikation) der Applikation resultieren berücksichtigt werden können. Da im Gegensatz zu Standard TO220-Gehäuse das gesamte Modul, das heißt Logik- und Leistungsteil, vollständig ummantelt wird und somit elektrisch isoliert ist, kann bei der Montage, im Gegensatz zu Standardgehäusen (TO220), auf zusätzliche elektrisch isolierende Elemente wie beispielsweise Folien verzichtet werden, wodurch sowohl die Kosten des Isolationsmaterials als auch die Kosten dessen Montage eingespart werden

h) Parallelisierte Fertigungsprozesse

30 In dem Stand der Technik entsprechenden Fertigungsprozessen werden die Leistungsbauelemente mittels Bondverbindungen angeschlossen, das heißt einem sequentielle Fertigungsverfahren. Zur Reduzierung der Fertigungskosten ist es vorteilhaft, sequentielle Verfahren durch parallele Verfahren zu ersetzen. Dies kann insbesondere für den Leistungsteil durch das parallele Löten oder Kleben der Leistungsbauelemente



erfolgen. Im Falle des Moduls werden z.B. die Transistoren zunächst auf ein erstes Substrat (Stanzgitter) bestückt und anschließend wird ein zweites Substrat (Logiksubstrat) auf die Transistoren bestückt. Mit der Bestückung des zweiten Substrates und dem nachfolgenden Löt- oder Klebeprozess findet parallel sowohl die Verschaltung der Leistungsbauelemente als auch der Verbindungsvorgang aller elektrischen Kontakte der Leistungsbauelemente sowie des ersten und zweiten Substrates statt. Voraussetzung für diese Art der Montage ist, dass die Leistungsbauelemente beidseitig über eine löt- oder klebbare Oberfläche verfügen. Daher werden beispielsweise bei Leistungstransistoren die Gate- und Source-Anschlüsse mit einer sogenannten UBM (Under-Bump-Metallisierung) versehen und im Falle der Kontaktierung mittels Lötens zusätzlich mit Lotdepots, sogenannten Bumps, versehen. Diese Technik des beidseitigen Lötens zielt darauf ab, Leistungstransistoren zwischen zwei DBC (Direct-Bonded-Copper) Substrate zu löten. Parallelisierung auf dem Logiksubstrat kann für aktive Bauelemente durch den Einsatz der Flip-Chip-Technik statt Bondtechnik erzielt werden, wodurch weiterhin unter Umständen eine Reduzierung der benötigten Substratfläche möglich ist, die sich vorteilhaft auf die Modulbaugröße und den beanspruchten Bauraum in der Applikation auswirkt. Die Bestückung in Flip Chip Technik kann sowohl in Form eines Löt- oder Klebe- Flip-Chip erfolgen, vorzugsweise allerdings als Klebeverbindung, da dieser Prozess einfacher in die Standardbestückung des Substrates integriert werden kann.

i) Mechanische Stabilisierung Modul

Je nach Applikation und ein Einbau (Kräfte auf Steckerpins bzw. Steckerkragen) der Elektronik kann eine zusätzliche Stabilisierung des Moduls vorteilhaft sein. Dies kann in verschiedenen Ausführungsformen realisiert werden, von denen zwei nachfolgend ausführlicher beschrieben werden.

Prinzipiell kann das Modul ein zweites Mal mit einem weiteren Kunststoff umspritzt werden, der sich durch andere mechanische Eigenschaften gegenüber der Epoxid-Niederdruckpressmasse auszeichnet. Die Alternative der Umspritzung ist insbesondere dann von Vorteil, wenn der Prozess des Kunststoffumspritzens für die Applikation sowieso erforderlich ist, beispielsweise bei der Herstellung eines Gehäusedeckels, und die Umspritzung des Moduls in diesen Prozess integriert werden kann. In diesen Fall sind keine weiteren Prozesse und Werkzeuge erforderlich, die zusätzliche Kosten verursachen

- 10 -

würden. Die Umspritzung des Moduls kann sowohl teilweise als auch vollständig erfolgen.

5        Sofern kein weiterer Umspritzprozess vorgesehen ist oder die Umspritzung des Moduls aus technischen Gründen beispielsweise zu hoher Komplexität des Spritzprozess zum Anstieg der Kosten durch Ausbeuteverluste führen würde, ist es vorteilhaft die mechanische Stabilisierung und die Realisierung von Zusatzfunktion beispielsweise Steckerkragen oder Montageelemente zur Fixierung des Moduls in der Applikation in einem separaten Modulträger zu realisieren. Dieses Teil kann so ausgeführt sein, dass es kostengünstig herzustellen ist und das Modul anschließend auch einfach in dieses Teil montiert werden kann, beispielsweise durch eine Clip-Verbindung. Durch dieses Vorgehen können die durch das zusätzliche Teil und die zusätzlichen Prozesse entstehenden Kosten minimiert werden.

j)        Separat prüfbare Einheit

15        Durch die Integration aller elektrischen und mechanischen Funktionen zur Ansteuerung und Kontaktierung des Motors in das Modul, stellt das Modul eine eigenständig prüfbare Einheit dar. Dies ist insbesondere im Fertigungsfluss der Applikation von Vorteil, da in diesem Fall keine weitere Montagevorgänge am Modul erforderlich sind, die zur Beschädigung des Moduls führen könnten. Damit sind im Rahmen der Fertigung der Applikation auch keine weiteren kostenintensive Zwischenprüfungen erforderlich und die Fertigung der Applikation kann mit einer Funktionsprüfung abgeschlossen werden.

k)        Ausführungsformen

25        Durch die Möglichkeit der flexiblen Gestaltung des Stanzgitters können Forderungen aus der Applikation bezüglich der mechanischen und elektrischen Schnittstellen, beispielsweise Lage der Steckerpins oder Ausführung der Federbügel berücksichtigt werden. Dies ist insbesondere im Bereich der Leistungsanschlüsse von Vorteil, wenn die Motorkontaktierung nicht mittels der aus dem Stanzgitter erzeugten Federbügeln erfolgt, sondern durch zusätzlich Komponenten, die die Funktion des Federbügels und die Aufnahme der Bürsten übernehmen. Die Verbindung der Federbügel mit den Anschlüssen des Moduls kann beispielsweise über Niet- oder Schweißverbindungen erfolgen.

l)        Geräuschreduzierung

Die Integration der Bürsten zu Motorkontaktierung in das Modul ist in Bezug auf die Geräuschentwicklung des Motors vorteilhaft, da die Schwingungen der Federbügel nicht wie bei dem den Stand der Technik entsprechenden Elektroniken in das als Resonanzraum wirkende Motorgehäuse eingeleitet werden. Durch die Gestaltung des Moduls oder des Modulgehäusen und der Aufnahmen des Moduls im Motorgehäuse können die Schwingungen entkoppelt werden.

m) Erweiterung Modulbaukasten

Prinzipiell können die dargestellten Ansätze auch auf Hochstrommodule übertragen werden, insbesondere die Substitution des sogenannten DBC-Deckel-Substrates durch ein Logiksubstrat. Die Verwendung eines Logiksubstrates, vorzugsweise das unter c) beschriebene ist vorteilhaft, da es die Integration der Ansteuerelektronik für den Leistungsteil ermöglicht.

Besonders vorteilhaft ist die Kombination verschiedener Technologien für die Herstellung der erfindungsgemäßen Elektronikeinheit, wie die vorzugsweise Verwendung des unter c) beschriebenen Substrats, sowie der Einsatz der Sandwichtechnologie, die vorbelotete Leistungsbaulemente erfordert, und die direkte Integration der Elektronik in den Motor, das ein entsprechendes Schnittstellen-Know-How zwischen Motor und Elektronik, insbesondere im Falle des Moduls mit Bürstenfedern voraussetzt. Elektroniken die in Form von Modulen ausgeführt werden, das heißt mit einem eigenen Gehäuse versehen und elektrisch einfach zu kontaktieren sind, erlauben prinzipiell eine einfachere externe Vermarktung als Elektroniken die auf keramischen Substrate basieren, die dem Stand der Technik entsprechen. Durch die multifunktionelle Verwendung von Komponenten - z.B. dem Stanzgitter - kann die Anzahl an Fügeprozeß-Schritten reduziert werden, womit gleichzeitig potentielle Versagensstellen im Einsatz ausgeschlossen werden, wodurch eine bessere Qualität bezüglich Schüttelbeanspruchung zu erwarten ist.

Die Beschreibung der Erfindung wird im folgenden exemplarisch anhand eines Moduls in Sandwichtechnologie bestehend aus einem Leistungs- und Logikteil zur Ansteuerung eines Elektromotors erläutert. Dabei beinhaltet der Leistungsteil eine H-Brücke bestehend aus Leistungstransistoren und der Logikteil einen Mikroprozessor mit dessen externen Beschaltung sowie Sensorik. Des weiteren wird beispielhaft als erstes Substrat ein Stanzgitter und als zweites Substrat eine Hybridkeramik eingesetzt. Die grundsätzlichen Prinzipien sowie Kern und Vorteile der Erfindung sind jedoch durch Skalierung und

Anpassung des konstruktiven Aufbaus auf beliebige Schaltungstopologien des Leistungsteils und Funktionen des Logikteils übertragbar.

Dem eigentlichen Aufbau des Moduls ist die Bestückung Logiksubstrates vorgeschaltet. Die Bestückung des Logiksubstrates erfolgt als Großkarte, auf der zunächst mittels eines Sieb- oder Schablonendrucks Leitleber aufgebracht wird. Anschließend erfolgt die Bestückung der Großkarte mit den aktiven und passiven Bauelementen; bei passiven Bauelementen in Standard SMD Technik und bei aktiven mit Standard Die Attach (Rückseite auf das erste Substrat). Nach dem Aushärten des Leitlebers in einem Ofenprozess werden die aktiven Bauelemente gebondet. Prinzipiell ist es auch möglich die aktiven Bauelemente in Flip-Chip-Technik zu bestücken. Abschließend erfolgt das Vereinzeln der Großkarte in Einzelsubstrate die im weiteren Modulaufbau verarbeitet werden.

Der Aufbau des Moduls beginnt mit dem Stanzgitter. Auf dieses werden bei der Montage des Moduls gegebenenfalls in einer Fügevorrichtung (Lötform) nacheinander die Lotpreforms, die vorbeloteten Leistungstransistoren und das vorbestückte Logiksubstrat(Einzelsubstrat) gestapelt. Anschließend wird der ganze Stapel in einem Lötprozess unter Verwendung von bleifreiem Lot beispielsweise SnAgCu gefügt. Grundsätzlich ist auch der Einsatz von Lotpaste oder anderen Fügeverfahren beispielsweise Kleben denkbar. Die Anordnung der Fügestellen ist so zu wählen, dass ein möglichst symmetrischer Aufbau entsteht, damit es im Fügeprozess nicht zur Verkipfung der Transistoren und des Substrates kommt, die im Chipbereich zu Kurzschlüssen bzw. generell zu ungleichmäßig dicken Fügestellen führen können, die einerseits die Ausbeute in der Fertigung und andererseits die Zuverlässigkeit des Moduls reduzieren. Da das Stanzgitter zur Kühlung der Transistoren Verwendung findet, erfolgt die Lötung der Transistoren vorzugsweise mit der Drainseite auf das Stanzgitter, um eine optimale Entwärmung der Transistoren zu gewährleisten.

Die für die Befestigung des Moduls in der Applikation vorgesehenen Elemente im Stanzgitter - beispielsweise Bohrungen - können im Fertigungsprozess zur Aufnahme oder zur Fixierung des Stanzgitters in der Fügevorrichtung genutzt werden.

Nach dem Löten erfolgt die Verkapselung des Bauteils mittels des Transfer -Molding Verfahrens, bei dem das Bauteil in der Kavität einer Moldform mit Kunststoff umspritzt wird, wodurch das Gehäuse des Moduls entsteht. Das Moldwerkzeug besteht aus einem Ober- und Unterteil, die nach dem Einlegen des Bauteils geschlossen werden und die Kavität auf dem Stanzgitter insbesondere der sogenannten Dam-Bar abdichten.

- 13 -

Anschließend erfolgt der eigentliche Spritzprozess, der mit erhöhter Temperatur und hohem Druck durchgeführt wird. Sobald der Kunststoff im Werkzeug vernetzt ist, wird die Moldform geöffnet und das Bauteil ausgestoßen bzw. entnommen.

Je nach eingesetztem Kunststoff und Anforderungen an die Verpackung ist optional das Nachhärten als sogenanntes PMC (post-mold-cure) in einem Ofenschritt möglich.

Bis nach dem Molden sind die einzelnen Funktionselemente bzw. -bereiche des Stanzgitters mittels der Dam-Bar miteinander verbunden, wodurch sich das Stanzgitter als ein Teil im Montageprozess handhaben lässt. Diese Verbindung bedingt, dass alle elektrischen Kontakte kurzgeschlossen sind, das heißt zur Herstellung der elektrischen Funktion werden diese Verbindungsstellen beispielsweise durch einen Stanzprozess aufgetrennt. Gegebenenfalls kann mit dem Stanzprozess ein Biegeprozess zur applikationsspezifischen Gestaltung der elektrischen und mechanischen Schnittstellen zur Applikation kombiniert werden.

Abhängig von der Ausführungsform des Moduls erfolgt im Rahmen der Endmontage die Bestückung des Moduls mit bedrahteten Bauelementen, gegebenenfalls die Montage separater Kohlebügel und die Verbindung der Kohlebürsten mit den Kohlebügeln. Im Falle der Verwendung von Kohlebürsten mit Litzen ist zusätzlich noch die Litze mit den entsprechenden Anschlüssen am Modul zu verbinden. Abgeschlossen wird die Endmontage mit der elektrischen Prüfung, der zu diesem Zeitpunkt vollständig prüfbar Einheit.

Je nach Applikation kann das Modul in unterschiedlicher Weise in die Antriebs-Einheit montiert werden, bei der Integration von Sensorik kann jedoch eine spezielle Orientierung erforderlich sein, z.B. dass der Logikteil in Richtung Motorachse zeigt, wenn beispielsweise Hall-Sensoren über einem Polrad positioniert werden müssen. In diesem Fall ist die Positionierung der Sensoren innerhalb des Moduls und die Positionierung des Moduls in der Applikation abzustimmen. Dabei können insbesondere die Abstandsforderungen, beispielsweise bei Hall-Sensoren dazu führen, dass das Gehäuse im Bereich der Sensoren Konturen aufweist, die es erlauben, die geforderten Abstände einzuhalten und gleichzeitig Bauelemente mit größerer Dicke, im Vergleich zu den Hall-Sensoren, zu verbauen.

Im einfachsten Fall wird das Modul ohne weitere Maßnahmen direkt in die Applikation montiert, dies kann beispielsweise durch Schrauben oder Einpressen erfolgen. Denkbar ist aber auch, dass das Modul beispielsweise nur in ein Teil des Gehäuse der Applikation

einggelegt wird und durch die Montage des Deckels der Applikation durch Klemmen fixiert wird.

In anderen Fällen kann es erforderlich sein, dass das Modul mit weiteren Funktionselementen versehen ist, die sich aufgrund der mechanischen Eigenschaften der Epoxid-Niederdruck-Pressmasse nicht mit dieser realisieren lassen, beispielsweise Steckerkragen. Dazu kann das Modul vor der Montage in der Applikation in einem zusätzlichen Schritt mit einem geeigneten Kunststoff teilweise oder vollständig umspritzt werden, was vorzugsweise in einen sowieso erforderlichen Prozess beispielsweise der Herstellung eines Gehäusedeckels integriert wird. Die Montage des Moduls erfolgt für diesen Fall zusammen mit dem Gehäusedeckel. Alternativ kann das Modul zunächst auf einem separat hergestellten Träger montiert werden, wodurch eine Baugruppe mit erweiterter Funktion entsteht, die im Rahmen des Fertigungsprozesses der Applikation montiert wird. Sofern der Funktionsumfang des Moduls erweitert wird, kann es vorteilhaft sein vor der abschließenden Montage in der Applikation eine zusätzliche Zwischenprüfung einzuführen.

In weiteren Ausführungsformen des Moduls kann aus einem der externen Anschlüsse ein Federelement erzeugt werden, das die Kontaktierung eines Abschirmblechs übernimmt, wobei das Abschirmblech Bestandteil des Motorgehäuses ist. Das Abschirmblech dient zur Abschirmung des am Kommutator entstehenden Bürstenfeuers. Die Kontaktierung des Abschirmblechs erfolgt vorzugsweise bei der Montage des Moduls, damit auf weitere Fügeprozesse verzichtet werden kann.

#### Zeichnungen

In den Zeichnungen sind verschiedene Ausführungsbeispiele eines erfindungsgemäßen Elektromotors mit einer Steuereinheit dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

#### Figur 1

eine perspektivische Darstellung eines erfindungsgemäßen Elektromotors mit geöffnetem Gehäuse,

#### Figur 2

einen schematischen Schnitt durch eine Eektronikeinheit,

Figur 3

den schematischen Grundriss der Steuereinheit,

5      Figur 4 und 5

die Drauf- und Seitenansicht durch ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Steuereinheit,

Figur 6 und 7

10      ein weiteres Ausführungsbeispiel mit Abschirmelement gemäß der Darstellung in Figur 4 und 5, und

Figur 8 und 9

eine weitere Variation einer Elektronikeinheit gemäß der Darstellung aus Figur 4 und 5.

15      Beschreibung

In Figur 1 ist eine Getriebe-Antriebseinheit 11 dargestellt, bei der ein Elektromotor 10 mit einer Ankerwelle 12 über deren gesamten Länge in einem ersten Gehäuseteil 14 gelagert ist. Auf der Ankerwelle 12 ist ein erstes Getriebeelement 16 gelagert, das mit einem zweiten Getriebeelement 18 einer separaten Schneckenwelle 20 gekoppelt ist. Die  
20      Schneckenwelle 20 kämmt mit einem Schneckenrad 22, das das Antriebsmoment über eine Dämpfungsvorrichtung 24 an ein Abtriebsritzel 26 weiterleitet, das beispielsweise eine Fensterscheibe oder ein Schiebedach in einem Kraftfahrzeug antreibt. Auf der Ankerwelle 12 ist ein Rotor 28 angeordnet, der innerhalb eines gehäusefesten Stators 30 frei drehbar ist. Der Stator 30 weist Permanentmagnete 32 auf, die mittels eines  
25      zweiteiligen magnetischen Rückschlusselements 34 miteinander verbunden sind. Zur Bestromung weist die Ankerwelle 12 einen Kommutator 36 auf, der in Reibverbindung mit Kohlebürsten 38 steht, die über Federbügel 40 mit einer Elektronikmodul 70 verbunden sind. Das Elektronikmodul 70 weist ein leitfähiges Stanzgitter 44 auf, dessen freie Enden als Fortsätze 97 aus einem angespritzten Kunststoffkörper 95 ragen und die  
30      Federbügel 40, sowie elektrische Verbindungen 46 für den Gehäusestecker 48 und eine elektrische sowie mechanische Kontaktierung zu einem nicht näher dargestellten Abschirmblech 104 bilden. Die Federbügel 40 sind dabei als Blattfedern 52 aus Kupferblech, einstückig mit dem Stanzgitter 44 hergestellt. Die Federbügel 40 erstrecken sich von Stanzgitter 44 tangential zum Kollektor 36 und weisen Aufnahmen 54 auf, in die  
35      die Kohlebürsten 38 fest eingesteckt sind. Das Elektronikmodul 70 weist neben dem

- 16 -

Stanzgitter 44, 71 auf einem zweiten Substrat 72 verschiedene elektronische Bauelemente 56 auf, wie beispielsweise ein Mikroprozessor 58 oder einen Positionserfassungssensor 60, der mit einem Positionsgeber 62 auf der Ankerwelle 12 zusammenwirkt. Um den Kollektor 36 und den als Ringmagnet 64 ausgebildeten Positionsgeber 62 sichtbar  
5 darzustellen, ist in Figur 1 das Elektronikmodul 70 mit einem Durchbruch dargestellt. Das elektrisch leitende Stanzgitter 44 mit den integrierten Federbügeln 40 ist radial zur Ankerwelle 12 in das erste Gehäuseteil 14 montiert, nachdem die Getriebebauteile 16, 18, sowie die Ankerwelle 12 und der Stator 30 radial in das Gehäuseteil 14 montiert wurden. Anschließend wird als zweites Gehäuseteil ein nicht dargestellter Deckel radial montiert,  
10 der das erste Gehäuseteil 14 abschließt.

In Figur 2 ist der schematische Aufbau einer als Elektronikmodul 70 ausgebildeten Elektronikeinheit 70 in Sandwich-Technologie näher dargestellt. Als ein erstes unteres Substrat 71 ist ein Stanzgitter 44 beispielsweise aus einem Kupferblech mittels Stanzen,  
15 Biegen und Prägen mit unterschiedlichen Segmenten 73 geformt. Als Leistungsbaulemente 75 sind auf dem Stanzgitter 44 Dioden 69 oder Transistoren 77, beispielsweise Power-MOSFETs 79 elektrisch verbunden. Als ein zweites oberes Substrat 72 ist über den Leistungsbaulementen 75 ein Keramiksubstrat 81 mit einer beidseitigen metallischen Beschichtung 83, 84, die hier als Leiterbahnen 78 aus Silber  
20 ausgebildet sind, angeordnet. Die Leistungsbaulemente 75 weisen an ihrer unteren Oberfläche 85 und oberen Oberfläche 86 elektrisch leitende Kontaktflächen 87 (z. B. mittels lot bumps 90) auf, mit denen sie jeweils mit den beiden Substraten 71, 72 leitend verbunden sind. Die Leistungsbaulemente 75 sind als sogenannten Bare-Die-Elemente 89, ohne Kunststoffgehäuse ausgebildet, um einen kompakten Schichtaufbau zu  
25 ermöglichen. Auf der dem Stanzgitter 44 abgewandten Beschichtung 84 des zweiten Substrats 72 sind weitere elektronische Bauelemente 56, wie beispielsweise ein Mikroprozessor 58, ein Positionssensor 60 und SMD-Bauteile 59 angeordnet, die zusammen den Logikteil 57 zur Ansteuerung des Elektromotors 10 bilden. Das zweite Substrat 72 ist mit dem ersten Substrat 71 mittels Löten oder mittels eines leitfähigen  
30 Klebstoffs verbunden, wobei in einer alternativen Ausführung am Stanzgitter 44 Halteelemente 91 angeformt sind, mittels denen die Leistungsbaulemente 75 und/oder das zweite Substrat 72 elektrisch kontaktiert und mechanisch auf dem ersten Substrat 71 fixiert werden.



Figur 3 zeigt den Grundriss des Stanzgitters 44, wobei die einzelnen Segmente 73 mittels einer Dam-Bar 93 derart miteinander verbunden sind, dass das Stanzgitter 44 als ein zusammenhängendes Teil mit dem zweiten Substrat 72 verbunden und anschließend mit einem Kunststoffkörper 95 umspritzt werden kann. Beim Spritzvorgang läuft dabei auch Kunststoff-Pressmasse in Spalte 113 und Hohlräume 113 zwischen den beiden Substraten 71, 72 und den Leistungsbauelementen 75. Der Kunststoffkörper 95 ist dabei derart bemessen, dass nach dessen Anspritzen die Dam-Bar 93 mittels Stanzen entfernt werden kann, damit die einzelnen Segmente 73 nicht mehr leitend miteinander verbunden sind. Aus dem Kunststoffkörper 95 ragen verschiedene Fortsätze 97 des Stanzgitters 44, die elektrische und mechanische Schnittstellen 98 mit weiteren Motorbauteile 99 bilden. So ist ein Teil der Fortsätze 97 als Steckerpins 88 für die Strom- und Signalverbindung ausgebildet, andere Fortsätze 97 weisen eine Aufnahme 100 für Verbindungselemente 102 auf, mit der die Elektronikeinheit 70 am Motorgehäuse 14 fixierbar ist. Andere Fortsätze 97 sind als elektrische Kontaktstellen 101 für externe elektrische Komponenten oder für Kohlelitzen 76 ausgebildet. Zwei weitere Fortsätze 97 sind als Federbügel 40 ausgebildet, an denen die Kohlebürsten 38 angeordnet sind, die mit dem Kollektor 36 der Ankerwelle 12 zusammenwirken, wie in Figur 9 dargestellt ist. Die Federbügel 40 werden beispielsweise mit dem Abtrennen der Dam-Bar 93 derart gebogen, dass die darauf angeordneten Kohlebürsten 38 nach der Montage der Elektronikeinheit 70 unter Vorspannung auf dem Kollektor 36 anliegen. Ein weitere Fortsatz 97 ist als elektrisches und mechanisches Verbindungsglied 103 zu einem Abschirmelement 104 gegenüber elektromagnetischer Störung ausgebildet. Auf den einzelnen Segmenten 73 im Innern des Kunststoffkörpers 95 sind die hier nicht dargestellten Leistungsbauelemente 75 oder andere Elektronikkomponenten angeordnet.

Figur 4 zeigt eine Draufsicht auf den Kunststoffkörper 95, der die elektronischen Bauelemente 56, die Leistungsbauelemente 75 und das zweite Substrat 72 komplett umschließt (als angespritztes Gehäuse 95). Aus dem Kunststoffkörper 95 ragen die Fortsätze 97 als elektrische und mechanische Schnittstellen 98 für die Motorbauteile 99. Anstelle der einstückig mit den Fortsätzen 97 ausgebildeten Federbügel 40 sind hier separate Federbügel 40, beispielsweise aus Federstahl mechanisch mit den Fortsätzen 97 verbunden, zum Beispiel verlötet, geschweißt oder verpresst. Die Federbügel 40 dienen dabei nicht nur der mechanischen, federnden Halterung der Kohlebürsten 38, sondern auch deren Stromzufuhr. In einer alternativen Ausführung sind entlang der Federbügel 40

zusätzlich Kohlelitzen 76 angeordnet, die die Kohlebürsten 38 elektrisch direkt mit einer als Kontaktstelle 101 ausgebildetem Fortsatz 97 zur Stromversorgung der Kohlebürsten 38 verbunden (auf rechter Seite gestrichelt dargestellt). Andere Kontaktstellen 101 bilden eine Schnittstelle 98 zu zusätzlichen externen elektrischen Komponenten 74, wie beispielsweise einem als Elektrolytkondensator (ELKO) 80 ausgebildeten Kondensator 80.

Figur 5 zeigt einen entsprechenden Schnitt durch die Elektronikeinheit 70, wobei sich die Federbügel 40 im wesentlichen senkrecht zur Ebene des ersten Substrats 71 erstrecken.

In Figur 6 und 7 zeigt die Elektronikeinheit 70 in auf die Ankerwelle 12 montiertem Zustand in dem nicht dargestellten Motorgehäuse 14. Dabei wird der Kunststoffkörper 95 mit den die Kohlebürsten 38 aufnehmenden Federbügel 40 radial zur Ankerwelle 12 über den Kollektor 36 geschoben, bis die Kohlebürsten 38 unter Vorspannung am Kollektor 36 anliegen. Die Elektronikeinheit 70 wird dann mittels der Befestigungselemente 100 ausgebildeten Fortsätze 97, die beispielsweise mit Verbindungsmittel 102 zusammenwirken, am Gehäuse 14 fixiert. Im Bereich des Bürstenfeuers ist um den Kollektor 36 und die Elektronikeinheit 70 ein Abschirmblech 104 zur Abschirmung vor elektromagnetischen Störungen angeordnet. Dazu ist das als Verbindungsglied 103 ausgebildete Fortsatz 97 beispielsweise als Federelement 105 gestaltet, das bei der Montage der Elektronikeinheit 70 mit dem Abschirmelement 104 verbunden wird. In einer Variation der Ausführung können auch weitere Gehäuseteile 14 aus Metall, wie beispielsweise ein Poltopf als Abschirmelemente 104 mit dem Verbindungsglied 103 kontaktiert werden oder die Abschirmkörper 104 können - wie die Federbügel 40 oder Kühlflächen 96 - auch einstückig mit den Fortsätzen 97 des Stanzgitters 44 ausgebildet sein. Um einen minimalen Abstand zwischen dem im Kunststoffkörper 95 eingegossenen Positionssensor 60 und dem auf der Ankerwelle 12 angeordneten Positionsgeber 62 - beispielsweise ein Magnetring - zu erzielen, ist der Kunststoffkörper 95 mit geringem Abstand unmittelbar radial gegenüber dem Positionsgeber 62 angeordnet. Im Ausführungsbeispiel weist hierzu der Kunststoffkörper 95 eine Aussparung 107 auf, in die der rotierende Magnetring 62 eingreift, wodurch die gesamte Bauhöhe des Elektromotors 10 reduziert wird.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel gemäß Figur 8 und 9 ist der Kunststoffkörper 95 mit einem weiteren Kunststoffteil 109 umspritzt, dass hier als Steckerkragen 111 für die

- 19 -

Steckerpins 88 ausgebildet ist. Hierbei sind im äußeren Umfang des Steckerkragens 111 als Befestigungselemente 100 weitere Aufnahmen 100 für Verbindungsmittel 102 ausgebildet, in der Stecker 111 und damit die Elektroneinheit 70 in dem Gehäuseteil 14 fixiert werden kann.

5

Es sei angemerkt, dass hinsichtlich der in allen Figuren gezeigten Ausführungsbeispiele vielfältige Kombinationsmöglichkeiten der einzelnen Merkmale untereinander möglich sind. So kann die Auswahl der einzelnen Motorbauteile 99, der externen elektrischen Komponenten 74 oder der elektronischen Bauelemente 56 der Elektroneinheit 70 der entsprechenden Anwendung angepasst werden. Anstelle der als Schnittstellen 98 ausgebildeten Fortsätze 97 können diese auch einstückig mit den entsprechenden Motorbauteilen 99 oder den externen Elektrikkomponenten 74 ausgebildet sein. Die Herstellung des leitfähigen Stanzgitters 44 ist beispielsweise auch nicht auf Stanzen beschränkt, sondern kann mittels jeden Verfahren hergestellt werden, das einen leitfähigen Schaltungsträger 44 zur Verfügung stellt. Bevorzugt findet die erfindungsgemäße Vorrichtung Anwendung bei elektrischen Verstellantrieben, insbesondere von Fensterscheiben und Schiebedächern. Das erfindungsgemäße Elektronikmodul 70 ist jedoch nicht auf die Anwendung eines Bürstenmotors beschränkt, sondern kann auch für EC-Motoren und andere Aktuatoren, beispielsweise für Ventilsteuerungen eingesetzt werden.

10

15

20

## Ansprüche

1. Elektromotor (10), insbesondere zum Verstellen beweglicher Teile im Kraftfahrzeug, mit einer Elektronikeinheit (70) in Sandwich-Bauweise, welche ein erstes elektrisch leitfähiges Substrat (71) und ein zweites elektrisch leitfähiges Substrat (72) aufweist, zwischen denen Leistungsbaulemente (75) angeordnet und mit beiden Substraten (71, 72) elektrisch verbunden sind, und das zweite Substrat (72) auf einer dem ersten Substrat (71) abgewandten Seite (84) mit weiteren elektronischen Bauelementen (56) bestückt ist, wobei das erste Substrat (71) als ein Stanzgitter (44) ausgebildet ist, das zusammen mit dem zweiten Substrat (72) derart mit einem Kunststoffkörper (95) umspritzt ist, dass aus dem Kunststoffkörper (95) Fortsätze (97) des Stanzgitters (44) ragen, die eine elektrische und/oder mechanische Schnittstelle (98) zur Anbindung weiterer Motorbauteile (99, 38, 40, 104, 102, 80) bilden.
2. Elektromotor (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Fortsätze (97) als Befestigungselemente (100) der Elektronikeinheit (70) - insbesondere als Bohrungen (100) - ausgebildet sind.
3. Elektromotor (10) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Fortsätze (97) als Steckerpins (88), oder Kontaktstellen (101) zu externen elektrischen Komponenten (74), wie einem Kondensator (80) oder einer Induktivität oder einer Litze (76) ausgebildet sind, und insbesondere aus kupferhaltigem Material gefertigt sind.
4. Elektromotor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Motorbauteile (99) Federbügel (40) zur Aufnahme von Kohlebürsten (38) sind.
5. Elektromotor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Motorbauteile (99) elektromagnetische Abschirmkörper (104) sind, die insbesondere einteilig mit den Fortsätzen (97) ausgebildet sind.
6. Elektromotor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass am Stanzgitter (44) Halteelemente (91) angeformt sind, in die die

Leistungsbaulemente (95) und/oder das zweite Substrat (72) einfügbar sind, um eine elektrische und/oder mechanische Verbindung zum Stanzgitter (44) herzustellen.

7. Elektromotor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktstellen (101) als Schnittstellen (98) in Schneid-Klemm-Technik ausgebildet sind.

8. Elektromotor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem zweiten Substrat (72) als elektronische Bauelemente (56) ein Mikroprozessor (58) und/oder eine Ansteuerlogik (58) und eine Positions-Sensorik (60) für eine Ankerwelle (12) des Elektromotors (10) angeordnet sind.

9. Elektromotor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Substrat (72) mindestens eine elektrisch leitfähige Oberfläche (83, 84) aufweist, und die elektronischen Bauelemente (56) variabel mittels Löten oder leitfähigem Kleben - insbesondere in Flip-Chip-Technik - bestückbar sind.

10. Elektromotor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Substrat (72) eine Keramikplatte (81) und auf ihrer Oberseite und Unterseite jeweils mindestens eine Leiterbahnebene (83, 84) aufweist, die - insbesondere mittels Vias-Löcher - elektrisch miteinander verbunden sind.

11. Elektromotor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Leistungsbaulemente (75) und/oder die Bauelemente (56) als Bare-Die-Elemente ohne Gehäuse ausgebildet sind.

12. Elektromotor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leistungsbaulemente (75) eine beidseitig lötbare oder leitfähig klebbare Oberfläche (85, 86) aufweisen, die insbesondere für die Löttechnik auf der dem zweiten Substrat (72) zugewandten Seite (86) mit Lotbumps (90) versehen ist.

13. Elektromotor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leistungsbaulemente (75) als Power-MOSFETS (79) ausgebildet sind.

14. Elektromotor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leistungsbaulemente (75) zur besseren Wärmeableitung auf dem ersten Substrat (71) symmetrisch angeordnet sind.

5

15. Elektromotor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Substrate (71, 72) als Kühlkörper ausgebildet sind, wobei insbesondere mindestens ein Fortsatz (97) des Stanzgitters (44) als Kühlfläche (96) außerhalb des Kunststoffkörpers (95) ausgebildet ist.

10

16. Elektromotor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kunststoffkörper (95) mittels eines Transfer-Molding-Verfahren angeformt ist, wobei insbesondere Epoxid-Pressmasse in einen Spalt (113) zwischen den beiden Substraten (71, 72) fließt.

15

17. Elektromotor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kunststoffkörper (95) mit einem weiteren Kunststoff eines Gehäuseteils (14) und/oder eines Steckerkragens (111) umspritzt ist.

20

18. Elektromotor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kunststoffkörper (95) auf einem separaten Modulträger angeordnet, und insbesondere mittels einer Clipsverbindung fixiert ist.

25

19. Elektromotor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektroneinheit (70) radial zur Ankerwelle (12) montierbar und unmittelbar gegenüber einem Kommutator (36) und/oder einem Positionsgeber (62, 64) der Ankerwelle (12) angeordnet ist, und der Kunststoffkörper (95) insbesondere eine Ausformung (107) zur Anpassung an die Motorgeometrie aufweist.

30

20. Elektronikmodul (70) in Sandwich-Bauweise, insbesondere nach einer der vorhergehenden Ansprüche, welches ein erstes elektrisch leitfähiges Substrat (71) und ein zweites elektrisch leitfähiges Substrat (72) aufweist, zwischen denen Leistungsbaulemente (75) angeordnet und mit beiden Substraten (71, 72) elektrisch verbunden sind, und das zweite Substrat (72) auf einer dem ersten Substrat (71)

abgewandten Seite (84) mit weiteren elektronischen Bauelementen (56) bestückt ist, wobei das erste Substrat (71) als ein Stanzgitter (44) ausgebildet ist, das zusammen mit dem zweiten Substrat (72) derart mit einem Kunststoffkörper (95) umspritzt ist, dass aus dem Kunststoffkörper (95) Fortsätze (97) des Stanzgitters (44) ragen, die eine elektrische und mechanische Schnittstelle (98) zur Anbindung weiterer Motorbauteile (99, 38, 40, 104, 102, 80) bilden.

21. Verfahren zum Herstellen eines Elektromotors (10) mit einer elektronischen Steuereinheit (70), gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- ein einteiliges leitfähiges Stanzgitter (71, 44) wird ausgestanzt, wobei ein Dam-Bar (93) die einzelnen Segmente (73) miteinander verbindet
- auf dem Stanzgitter (44) werden vorbelotete Leistungsbaulemente (75) und darüber ein Keramik-Substrat (72, 81) mit weiteren Bauteilen (56) zu einem Sandwich geschichtet
- mittels Fügeverfahren - beispielsweise Löten oder Kleben - werden die einzelnen Schichten (71, 75, 72) elektrisch miteinander verbunden
- mittels Transfer-Molding-Verfahren wird um das Sandwich (70) ein Modulkörper (95) aus Kunststoff derart angespritzt, dass das Dam-Bar (93) außerhalb des Modulkörpers (95) angeordnet ist
- das Dam-Bar (93) wird abgetrennt und die aus dem Modulkörper (95) ragenden Fortsätze (97) des Stanzgitters (44) werden mechanisch mit Motorbauteilen (99) – wie Kohlebürsten (38) oder elektromagnetische Abschirmelemente (104) oder Verbindungsmittel (102) - oder mit externen elektrischen Komponenten (74) verbunden.

22. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Keramik-Substrat (72) ein magnetischer Positionssensor (60) derart angeordnet und mit Kunststoff (95) umspritzt wird, dass der Positionssensor (60) nach der Montage der Steuereinheit (70) unmittelbar gegenüber einem auf einer Ankerwelle (12) des Elektromotors (10) angeordneten magnetischen Positionsgebers (62, 64) angeordnet ist und mit diesem zusammenwirkt.





2 / 3

Fig. 2

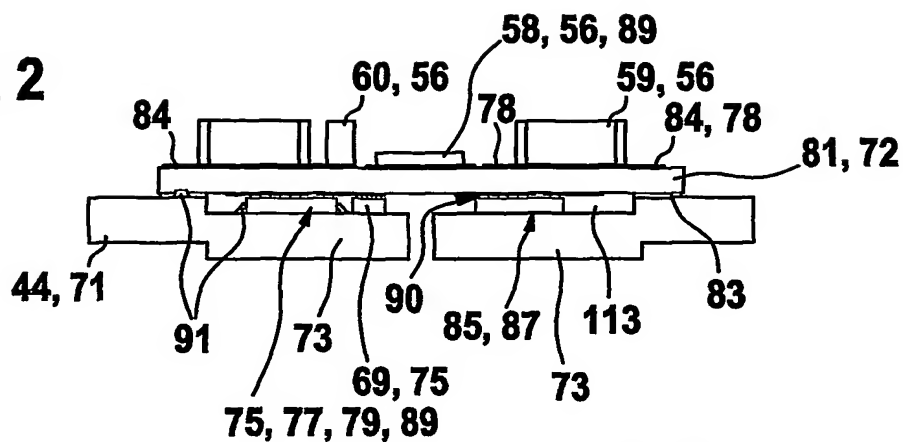


Fig. 3

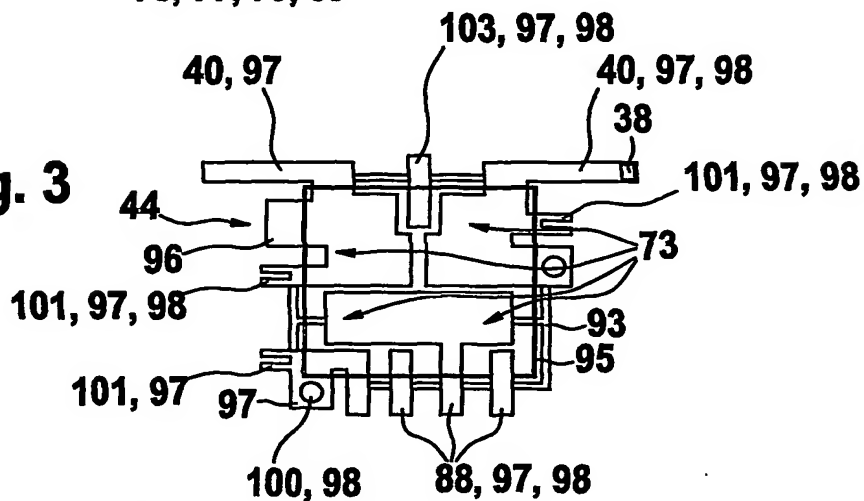


Fig. 4

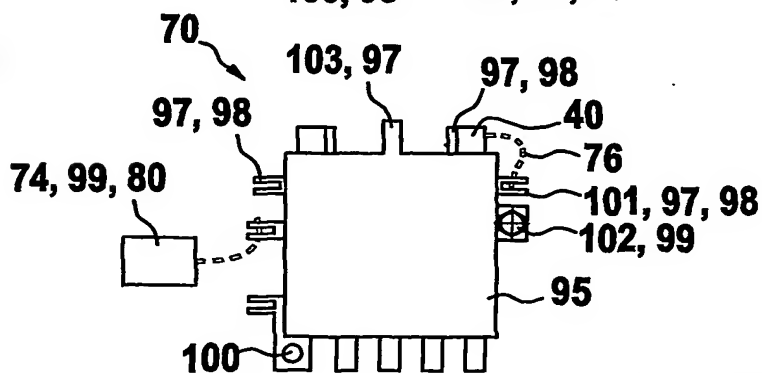
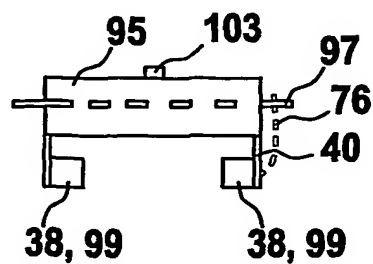


Fig. 5



3 / 3

Fig. 6

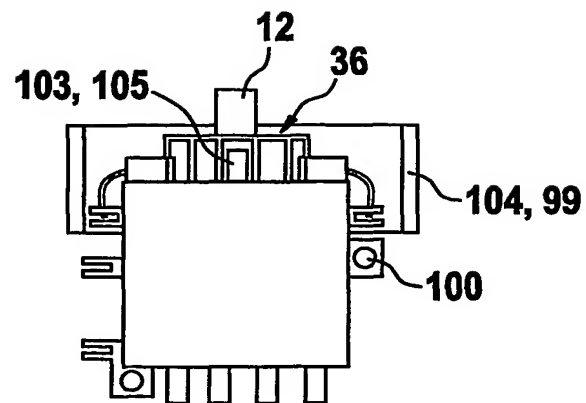


Fig. 7

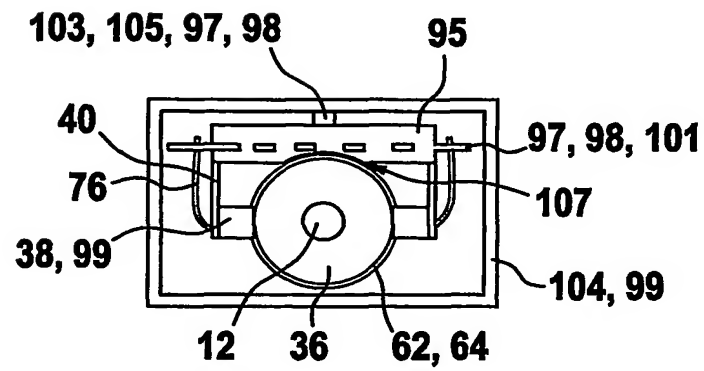


Fig. 8

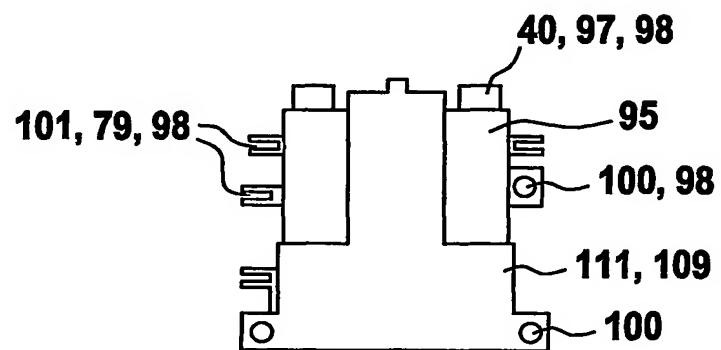
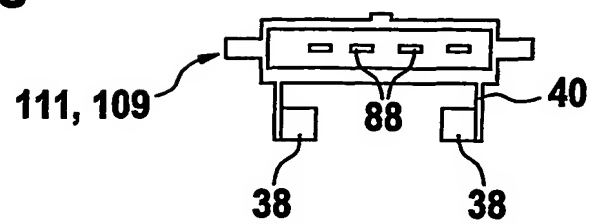


Fig. 9



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/052720

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H01L25/07 H01L25/16 H01L23/498

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 01/63671 A (ROBERT BOSCH GMBH; SPITZ, RICHARD; GOERLACH, ALFRED; WALLRAUCH, ALEXAN) 30 August 2001 (2001-08-30) the whole document	1, 20, 21
A	WO 01/27997 A (ROBERT BOSCH GMBH; WOLF, KUNO; KOELLE, GERHARD; ZAREMBA, JUERGEN; JACO) 19 April 2001 (2001-04-19) page 7, line 1 - page 9, line 11 page 12, line 23 - page 13, line 5; figures 1,4	1, 10-13, 20, 21
A	US 6 060 795 A (AZOTEA ET AL) 9 May 2000 (2000-05-09) the whole document	1, 20, 21

-/-

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 June 2005

Date of mailing of the international search report

20/06/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Cousins, D

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/052720

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 127 727 A (EYTCHESON ET AL) 3 October 2000 (2000-10-03) the whole document	1, 20, 21
A	DE 43 37 390 A1 (BROSE FAHRZEUGTEILE GMBH & CO KG, 96450 COBURG, DE) 27 April 1995 (1995-04-27) .. column 6, lines 17-53 column 7, line 62 - column 8, line 13; figure 3	1-4, 8, 17, 20, 21

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/052720

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0163671	A	30-08-2001	DE 10009171 A1	13-09-2001
			AU 4226701 A	03-09-2001
			WO 0163671 A1	30-08-2001
			EP 1264346 A1	11-12-2002
			JP 2003525007 T	19-08-2003
			TW 508832 B	01-11-2002
			US 2003142480 A1	31-07-2003
WO 0127997	A	19-04-2001	DE 19950026 A1	12-04-2001
			WO 0127997 A2	19-04-2001
			EP 1145316 A2	17-10-2001
			HU 0200604 A2	29-06-2002
			JP 2003511864 T	25-03-2003
			US 6697257 B1	24-02-2004
US 6060795	A	09-05-2000	NONE	
US 6127727	A	03-10-2000	NONE	
DE 4337390	A1	27-04-1995	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/052720

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H01L25/07 H01L25/16 H01L23/498

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 01/63671 A (ROBERT BOSCH GMBH; SPITZ, RICHARD; GOERLACH, ALFRED; WALLRAUCH, ALEXAN) 30. August 2001 (2001-08-30) das ganze Dokument	1, 20, 21
A	WO 01/27997 A (ROBERT BOSCH GMBH; WOLF, KUNO; KOELLE, GERHARD; ZAREMBA, JUERGEN; JACO) 19. April 2001 (2001-04-19) Seite 7, Zeile 1 - Seite 9, Zeile 11 Seite 12, Zeile 23 - Seite 13, Zeile 5; Abbildungen 1, 4	1, 10-13, 20, 21
A	US 6 060 795 A (AZOTEA ET AL) 9. Mai 2000 (2000-05-09) das ganze Dokument	1, 20, 21
	-/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

8. Juni 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

20/06/2005

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Cousins, D

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/052720

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 127 727 A (EYCHESON ET AL) 3. Oktober 2000 (2000-10-03) das ganze Dokument -----	1,20,21
A	DE 43 37 390 A1 (BROSE FAHRZEUGTEILE GMBH & CO KG, 96450 COBURG, DE) 27. April 1995 (1995-04-27) Spalte 6, Zeilen 17-53 Spalte 7, Zeile 62 - Spalte 8, Zeile 13; Abbildung 3 -----	1-4,8, 17,20,21

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/052720

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 0163671	A	30-08-2001	DE 10009171 A1	13-09-2001
			AU 4226701 A	03-09-2001
			WO 0163671 A1	30-08-2001
			EP 1264346 A1	11-12-2002
			JP 2003525007 T	19-08-2003
			TW 508832 B	01-11-2002
			US 2003142480 A1	31-07-2003
WO 0127997	A	19-04-2001	DE 19950026 A1	12-04-2001
			WO 0127997 A2	19-04-2001
			EP 1145316 A2	17-10-2001
			HU 0200604 A2	29-06-2002
			JP 2003511864 T	25-03-2003
			US 6697257 B1	24-02-2004
US 6060795	A	09-05-2000	KEINE	
US 6127727	A	03-10-2000	KEINE	
DE 4337390	A1	27-04-1995	KEINE	



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**